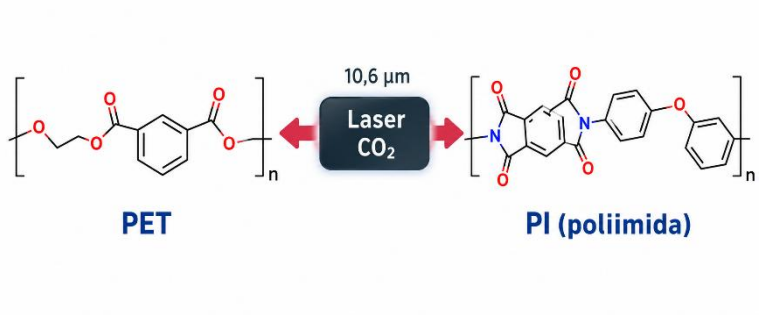
cbecimat26
26° Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais
22 a 26 de novembro de 2026
Costão do Santinho
Florianópolis-SC

Grafeno induzido por laser: estudo dos parâmetros de síntese em substratos de PET e PI

Antonio Takimi[1]*; Patricia Guerra[1]; Henrique Duda[1]
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalurgia e Materiais (PPGE3M) Universidade Federal do Rio Grande do Sul *Autor apresentador: antonio.takimi@gmail.com

Introdução

Na técnica de grafeno induzido por laser (LIG), polímeros são convertidos em carbono grafítico condutor sob laser de CO_2, sem catalisadores nem vácuo[1]. A PI é o precursor mais utilizado; no PET, a irradiação a laser já foi associada a modificação superficial, amorfização, dendritos e ablação térmica[2–4], mas não à formação de LIG.



Objetivos

- Comparar PET e PI sob laser contínuo de CO_2 em condições de processamento similares (passe único, ar ambiente, 10–11 W), isolando a resposta intrínseca de cada polímero.
- Verificar se o PET grafitiza como a PI ou apresenta um mecanismo distinto (termoplástico, cadeia principal com grupos éster), distinguindo carbonização de grafitização.

Metodologia

- Substratos utilizados como recebidos: PI (3M, ~30 µm) e PET (Melinex, 250 µm).
- Laser CO_2 contínuo (10,6 µm), diâmetro do feixe ~100 µm, ar ambiente, passe único; 10–11 W, variando velocidade e espaçamento de linha (Tabela 1).
- Sem aditivos, atmosfera controlada ou múltiplos passes — resposta intrínseca.
- Raman (532 nm), ATR–FTIR, MEV e resistência elétrica (método de duas pontas).

Tabela 1. Condições de processamento a laser.

PI (grafitiza → LIG)

Amostra	Vel. (mm/s)	Esp. (µm)	Pot. (W)
PI-1	100	150	10
PI-2	100	100	10
PI-3	100	50	10
PI-4	75	100	10

PET (carboniza)

Amostra	Vel. (mm/s)	Esp. (µm)	Pot. (W)
PET-1	100	100	10
PET-2	100	100	10,5
PET-3	100	100	11
PET-4	100	50	10
PET-5	100	50	10,5
PET-6	100	50	11
PET-7	100	25	10
PET-8	100	25	10,5
PET-9*	100	25	11

*PET-9 danificada durante o processamento.

Resultados e Discussão

- Raman: PI com bandas D/G/2D grafíticas; PET com envelope largo, desordenado (a, b).
- MEV: PI poroso/interconectado (LIG); PET dendrítico (c, d). FTIR: PET retém éster/aromáticos (e).
- Resistência: PI 2,7–9,2 Ω (mín. em PI-3); PET sem filme condutor contínuo.
- Mecanismo (f): o PET funde[5], gera baixo teor de resíduo carbonoso (~8,33%[6], carbono amorfo[2]) e, ao resfriar, forma dendritos[3].

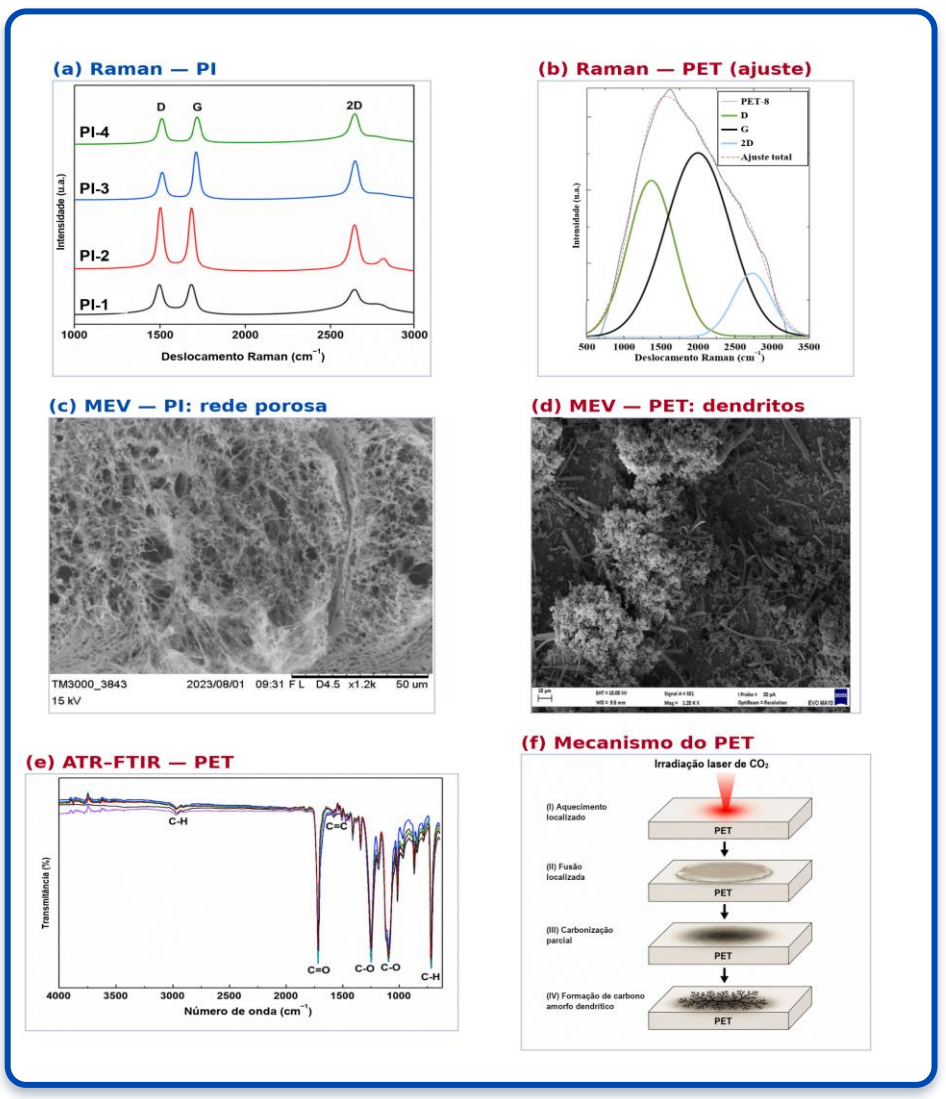


Figura 1. (a,b) Raman, (c,d) MEV, (e) ATR–FTIR, (f) mecanismo do PET.

Conclusões

- PI → grafitização: rede porosa 3D e percolação elétrica (LIG de baixa resistência).
- PET → não apresentou grafitização; predominam fusão localizada, carbonização e formação de dendritos descontínuos.
- Rotas para o PET: aditivos promotores de resíduo de carbono[6], atmosfera inerte[7], múltiplos passes[8] e doadores de carbono[9].

Referências e Agradecimentos

Agradecimentos: Ao CNPq, à UFRGS e ao PPGE3M.

[1] LIN, J. et al. *Nature Communications*, v. 5, art. 5714, 2014.
[2] LIPPERT, T. et al. *Applied Spectroscopy*, v. 47, n. 11, p. 1931–1942, 1993.
[3] HEITZ, J. et al. *Applied Surface Science*, v. 81, n. 1, p. 103–106, 1994.
[4] OLDERSHAW, G. A. *Chemical Physics Letters*, v. 186, n. 1, p. 23–26, 1991.
[5] WEISBUCH, F. et al. *Applied Surface Science*, v. 186, p. 95–99, 2002.
[6] ABDALRHEM, H. A. O. et al. *Polymers*, v. 15, n. 3, art. 662, 2023.
[7] LI, Y. et al. *Advanced Materials*, v. 29, art. 1700496, 2017.
[8] CHYAN, Y. et al. *ACS Nano*, v. 12, n. 3, p. 2176–2183, 2018.
[9] YAZDI, A. Z. et al. *Macromolecular Rapid Communications*, v. 38, art. 1700176, 2017.